

기초 과학 원리 이해를 위한 기능성 게임의 활용: 사이언스 히어로즈 게임 개발의 사례

백승호*, 박지영*, 지형근**, 한정현*
고려대학교*, 전자통신연구원**

{bshsq, lemie}@korea.ac.kr, hkjee@etri.re.kr, jhan@korea.ac.kr

Application of Serious Games for Science Education in
Elementary/Middle Schools: A case of Science Heroes Game Development

Seungho Baek*, Ji-Young Park*, Hyungkeun Jee**, JungHyun Han*
Korea University*, ETRI**

요 약

본 논문에서는 초등학생, 중학생의 기초 과학 원리의 이해를 위한 기능성 게임의 활용과 그 결과에 대해 기술한다. 우리는 기능성 게임을 통한 자연스러운 과학 원리의 체득을 위하여 초등학교 3~6, 중학교 1~3학년의 과학 교육과정을 분석하여 게임에 적합한 학습 콘텐츠 및 커리큘럼을 구성하였다. 이렇게 작성된 커리큘럼을 바탕으로 과학 교육용 기능성 게임 '사이언스 히어로즈'을 개발함으로써 실제 교육현장에서 추상적, 시간-공간적인 이유로 학습이 어려운 부분에 대해 교수-학습 과정을 도울 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 개발된 게임에 대해 현직 과학 교과 교사들의 기능성 게임 평가 테스트를 수행하여 본 게임을 통한 실제 교육현장으로 적용 가능성 및 보완점을 알아보았다.

ABSTRACT

In this paper, we have described a survey of applications and results of serious games for science education in elementary and middle school students. We constructed the educational contents and curriculum for learning natural science principles through game contents by analyzing science course of elementary and middle schools. Based on this curriculum, we developed science educational serious games 'Science Heroes' to help teaching-learning difficulty caused by abstract science concepts or spatial-temporal limitation. In our research, we carried out a serious game evaluation test for our game contents by current teachers about applicability to the real education field and supplementary points.

Keywords : Serious Game(기능성 게임), Education(학습), Game development(게임 개발)

Received: Nov. 12, 2014 Revised: Dec. 10, 2014
Accepted: Dec. 17, 2014
Corresponding Author: JungHyun Han(Korea University)
E-mail: jhan@korea.ac.kr

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

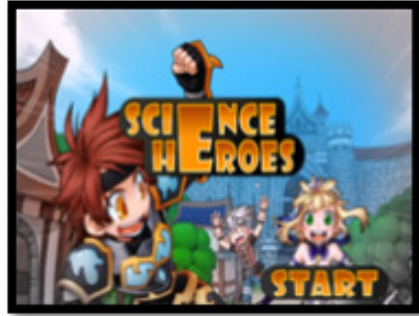
1. 서론

게임 산업과 지식정보산업은 근래에 들어 지속적인 발전세를 보이고 있다. 그 중 특히 현재 주목 받고 있는 분야로 e-learning, 에듀테인먼트가 있다. 대형 학습지 출판 업체에서는 지속적으로 교육용 멀티미디어 콘텐츠를 개발 및 계획 중에 있으며 ‘스마트러닝’ 및 ‘자기주도학습’ 등의 시장 변화에 따라 투자 확대가 예상되고 있다. 또한 현재 언어, 수학 교과와 달리 과학학습과 게임 간의 융합은 상대적으로 낮은 시장포화도와 함께 향후 산업 가능성이 높은 분야로 판단되고 있다.

하지만 현재 개발된 다수의 과학 기능성 게임에서는 상업적 성공을 위해 게임성에 치중하여 종종 실제 몰리 현상을 단순화 시키거나 생략하곤 한다. 이러한 게임에서는 실제 교육적 효과의 대한 검증보다는 시각적 효과에 집중하게 되는 것이 현실이다. 하지만 이는 교육적인 관점에서 실제 기초과학 교육이 필요한 학생들에게 심각한 오개념을 유발할 수 있다는 우려가 있다.

본 논문에서는 게임 콘텐츠라는 장르에 의한 오개념을 제거하기 위해 전문가로서 인정할 수 있는 현직 교사와 교육대학 교수의 참여를 통해 초등학교, 중학교 과학 교과과정을 분석, 체계적인 커리큘럼을 개발하였다. 이때 교과과정의 분석, 커리큘럼의 개발은 ‘학습 곤란도’를 중심으로 진행되었으며, ‘학습 곤란도’는 현직 교사들의 체험을 통해 실제 교육현장에서 추상화된 개념, 공간적인 문제 등으로 교수-학습과정이 용이하지 않은 부분을 고려하였다. 또한 이 커리큘럼을 토대로 과학 학습 게임에 적합한 요소를 추출함으로써 학습 효율을 증대할 수 있도록 하였다. 또한 비사실적인 모습의 표현에 따른 오개념을 최소화 할 수 있도록 게임 콘텐츠 개발 시 실제 관찰되는 과학 현상에 대한 이론을 충실히 표현하였다. 이렇게 개발된 과학 학습용 기능성 게임 콘텐츠 ‘사이언스 히어로즈’[Fig. 1]를 사용하여 현직 교사들을 바탕으로 실시한 기능성 게임 평가를 통해 실제 현장의 적용 가능성

과 보완점을 알아보도록 한다.



[Fig. 1] ‘Science Heroes’, the serious game for science education

2. 관련 연구

게임산업의 발전과 영역의 확장으로 인해 기존의 전통적인 놀이 문화로서의 게임에서 교육, 건강, 훈련 등의 추가적인 목적이 가미된 기능성 게임의 지속적인 등장은 자연스러운 현상이다. 이미 Zyda (2005)[1]와 같은 연구를 통해 게임 산업의 발전 과정 속에서 기능성 게임의 위치가 분석되고 있으며, *Nintendo Wii/Wii Fit*와 같은 가정용 비디오 게임과 건강관리의 융합은 우리에게 익숙한 상황이다[2]. 또한 기능성 게임의 재활훈련[3,4]으로의 확장가능성에 대한 연구는 기존의 반복적인 훈련이 필수적인 요소에 대한 효율성을 보여준다. 이러한 연구를 바탕으로 최근엔 Jaime and Ruby (2011), Houda et al. (2012)[5,6]와 같이 기능성 게임의 학업 교육으로의 활용성도 주목받고 있다.

기존 사회통념과 달리 컴퓨터/비디오 게임이 교육용으로 사용되어 학업 효율성을 높일 수 있다는 연구 결과는 지속적으로 나타나고 있다. Thomas et al. (2012)[7]는 기능성 게임을 사용하여 긍정적 방향으로의 기능 발달을 보여주었으며, Freitas and Jarvis (2007)[8]는 기능성 게임을 사용한 교육/훈련의 효율성을 나타내었다. 이에 따라 Yusoff et al. (2010)[9]은 교육을 목적으로 하는 기능성

게임의 디자인 방향성에 대해 연구하였으며 Technology Acceptance Model(TAM)을 사용하여 그 결과를 보였다. Wrzesien and Raya (2010)[10]에서는 인터랙티브 게임 콘텐츠의 과학 교육으로의 접목과 그 효율성을 분석하였다.

본 연구는 이와 같은 게임 산업과 기능성 게임 연구의 흐름 속에서 과학 교육을 위한 게임 콘텐츠 개발과 현장으로의 적용가능성 및 보완점에 대해서 알아보았다. 기존의 연구들이 과학 원리 학습을 위해 고정된 실험 케이스를 보여주거나 사용자가 변성이 적은 점과 달리 본 연구에서는 자기장 및 물 등의 사실적인 물리 시뮬레이션 기법[11]을 참고하여 사용자 자유도를 크게 높였다. 이러한 사실적인 시뮬레이션 과정을 실시간 게임에 구현함으로써 학습자의 오개념을 줄이고 실제 교육현장으로의 적용을 돕도록 하였다.

3. 본 론

본 연구는 초등학교, 중학교 과학 교과과정 중에서 힘과 운동, 물의 상태변화, 지구와 달의 3가지 단원에 대해서 진행되었다. 각 교과 단원에서 반드시 학습자에게 알려줘야 하는 학습 요소들을 정리하고 학습 곤란도에 따라 분류한 뒤 게임 콘텐츠로 제공하기 적합한 방식을 고안함으로써 체계적인 기능성 게임용 학습 커리큘럼을 작성하였다. 이렇게 구성된 학습 커리큘럼을 바탕으로 학업 흥미를 이끌 수 있도록 높은 사실성과 게임성을 가진 기능성 게임 ‘사이언스 히어로즈’를 개발하였다. 아래의 각 장에서는 교과과정 커리큘럼의 분석방법에 대하여 알아본 뒤, ‘힘과 운동’, ‘물의 상태변화’, ‘지구와 달’로 구성된 3개의 게임에 대하여 설명한다.

3.1 게임 개발을 위한 학습 커리큘럼

과학 학습을 위한 기능성 게임을 개발하기 위해서는 학습 내용 성취 기준과 학습 곤란도, 게임 콘텐츠에 적합한 학습 요소의 정리, 해당 학습 요소

를 효율적으로 학습자에게 전달할 수 있는 게임적 방안 등과 같은 학습 커리큘럼의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 초등학교, 중학교 과학 교과과정의 학습요소를 분석한 체계적인 커리큘럼을 구성하였다. 각 학습요소는 초등학교 3~4학년, 5~6학년, 중학교 과정에 따라 각각 분류했다. 부록 [Table 3]은 본 연구에서 게임개발에 사용한 초등학교 3~4학년군에서 학습하는 자기력에 관한 커리큘럼 분석의 예시이다.

각 과정의 커리큘럼은 [Table 3]에서 확인할 수 있듯이 각 학교급, 학년군에 따라 학업과정에서 학습해야 하는 특성, 현상, 연계 단원 등을 고려하였으며, 학습 내용 성취 기준, 탐구 활동 등을 분류하여 ‘학습 곤란도’를 정의하였다. 본 ‘학습 곤란도’는 일상 경험과 거리가 먼 추상적인 개념, 기초 시공간개념의 부족, 과학현상에서의 실험의 어려움, 서술 언어의 문제 등으로 실제 과학 교육 현장에서 교수-학습이 어려운 부분에 대해 ‘상, 중, 하’의 점수로 정의되었다. ‘학습 곤란도’의 정의에는 전문가로서 인정할 수 있는 다수의 현직 교사 및 교육 대학 교수가 참여하여 체험적 경험을 제공함으로써 신뢰도를 높였다.

이렇게 구성된 커리큘럼을 바탕으로 게임으로 구현할 방안 및 게임을 통한 성취 방안 등을 게임 개발 이전에 미리 작성한 뒤, 학습 곤란 요인이 큰 주제들을 바탕으로 게임을 구성함으로써 학습자들의 효율적인 학업 성취와 교수-학습 현장으로의 적용 가능성을 도울 수 있다.

3.2 힘과 운동 게임

‘힘과 운동’게임에서는 초등학교, 중학교 교과과정의 힘과 운동 단원에서 학습하게 되는 중력, 마찰력, 자기장, 자기력과 같은 과학원리를 게임을 통해 학습하게 된다. 현재 초등학생, 중학생에게 익숙한 PC기반의 게임으로 개발되었으며 물리엔진과 시각화가 적용되어 눈으로 인지하고 손으로 조작하는 체험진행 구성을 띤다. 따라서 각 스테이지



[Fig. 2] Play screen shot of 'Force and Motion' game

를 성공적으로 끝내기 위해 시행착오를 반복하며 자연스럽게 오개념에서 벗어나 올바른 원리를 체득할 수 있도록 유도한다.

'힘과 운동' 게임은 3가지의 롤러코스터 스테이지로 구성되어 있다. 각 스테이지에서 제공하는 미션을 해결할 때 마다 열차가 앞으로 나아가며 3개의 스테이지를 모두 클리어하면 게임이 종료되도록 한다. 첫 번째 스테이지인 '난쟁이 협곡'에서는 힘과 운동에 대한 퀴즈를 풀며 앞으로 전진하게 된다. 본 스테이지에서 학습자들은 기존에 알지 못했던 새로운 개념에 대한 퀴즈를 풀며 학습자의 사전 지식을 테스트하게 된다. [Fig. 2]는 힘과 운동 게임의 플레이 화면이다.

두 번째 스테이지인 '부엉이 왕의 금광'에서 학습자는 무동력으로 움직이는 썰매열차를 조종하여 스테이지를 진행하게 되는데, 이 때 레일의 재질에 따라 썰매 날의 폭과 재질 등을 변경함으로써 열차의 속도를 조절하게 된다. 사용자는 이러한 방법으로 360도 레일 등 여러 장애물을 통과하여 최종적으로 정해진 위치에서 정지시키는 것이 목표이다. 여러 번의 실패와 재시도 과정에서 일상생활에서 마주하는 재질들의 특성과 닿는 면적에 따른 마찰력의 차이 등 마찰력과 관련된 학습요소를 추가적인 설명 없이 자연스럽게 체득할 수 있도록 한다.

세 번째 스테이지인 '주황 산맥'에서는 자기력에



(a) Movement of water



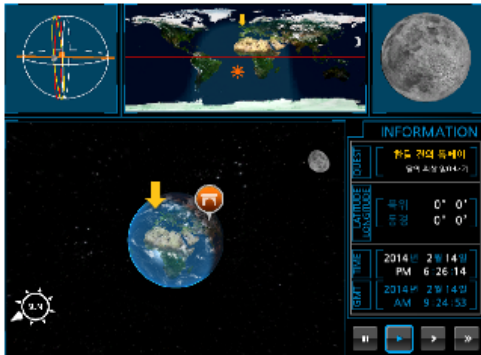
(b) Movement of ice

[Fig. 3] Screen shot of 'State change of water' game. Movement of (a)water, (b)ice.

대한 개념을 학습하게 된다. 학습자는 열차를 조종하여 뒤에서 따라오는 몬스터 '트롤'을 따돌리는 것이 게임의 목표이며, 열차 레일 위의 장애물들을 빠르게 치워 부딪히지 않아야 한다. 각 장애물들은 자성을 띤 바위이며, 열차 앞에 장착된 대형 자석의 극을 변경함으로써 장애물들을 밀어 낼 수 있다. 자성 바위 장애물의 N, S극 방향은 스테이지 초반에서는 학생들에게 익숙한 색깔을 사용한 자성 가시화를 통해 보여준다. 다만, 가시화에 따른 오개념을 피하기 위해서 스테이지 후반에서는 바위 주변에 배치한 나침반을 통해 바위의 방향을 유추할 수 있도록 한다. 이에 따라 자석의 특성, 자기장의 성질 등에 대한 자연스러운 학습을 도울 수 있다.

3.3 물의 상태 변화

'물의 상태 변화' 게임은 스마트 폰, 태블릿과 같은 스마트 디바이스를 통해 쉽고 간단한 인터페이



(a) Game UI



(b) Mission proposal

[Fig. 4] Screen shots of 'Earth and Moon' Game's (a)UI and (b)Mission proposal

스로 개발되었다. 본 게임은 물이 가지고 있는 학습 요소 즉, 물-얼음-수증기 간의 상태변화와 고정된 형태가 없는 성질 등을 학습자에게 효율적으로 전달할 수 있도록 구성되었다.

본 게임은 파티클 기반의 유체 시뮬레이터를 바탕으로 개발되었으며, 디바이스의 기술기에 따라 흐르는 물이 여러 장애물을 피해 최종 목적지까지 최대한 많이 도착하게 하는 목적을 가진다. 이 때 각 장애물을 피하기 위해서는 물의 상태를 변화시키고 그 변화된 특성을 사용하여야 함으로써 학습자의 흥미를 돋우는 동시에 올바른 과학 개념을 학습할 수 있도록 한다. [Fig. 3]은 '물의 상태 변화' 게임의 플레이 화면이다.

게임에서 물은 지형 위를 따라 고정된 형태가없이 자연스럽게 흐른다. 최종 목적지까지 가는 동

[Table 1] Serious game evaluation elements

evaluation elements	
Teaching-learning contents	Validity of purpose, Validity of contents, Practicality of contents, Reliability of contents, Systemicity of contents, Appropriacy of quantity
Teaching-learning strategy	Motivation, Learner control, Feedback, consideration of learner level, System to help learning
Screen organization	Appropriacy of design, Freshness of design, Convenience of design
Technology	Systemicity of management, Security
Economics·morality	Copyright protection, Human rights protection, Personal information protection, Economics

안 물이 빠져나갈 수 있는 작은 구멍이 있는 지역과 끓어 수증기로 변화할 수 있는 지역 등 안정적인 물의 이동을 방해하는 장애물이 있다. 학습자는 각각의 경우에 물을 얼려 이동하거나, 최대한의 기울기로 속도를 높여 빠르게 지나가는 등 얼음과 수증기의 특성을 살려 무사히 물을 옮길 수 있는 방법을 체험적으로 학습하게 된다.

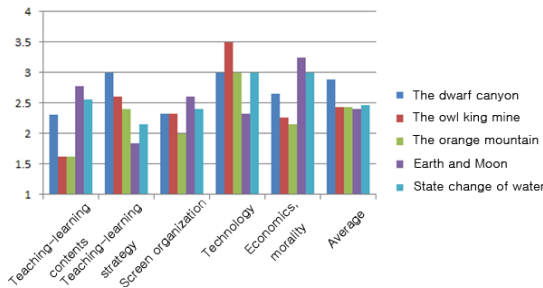
3.4 지구와 달

'지구와 달' 게임은 초등학교, 중학교 교과과정에서 태양-지구-달 사이의 관계에 대하여 학습하는 성취요소들을 정리하여 개발되었다. 학습자는 본 게임에서 PC를 사용한 간단한 인터페이스 조작을 통해 천체 사이에서 발생하는 일식, 월식, 삭, 망과 같은 천체현상들을 관찰하며 그 원인과 발생 과정을 자연스럽게 이해할 수 있다.

'지구와 달' 게임은 학습자의 상황 이해를 위해 우주에서 바라본 천체, 친구도, 관찰자 위치의 지구전도, 달의 위상 등 4개의 화면을 제공한다.

[Table 2] Evaluation results of 'Science Heros' game

Games		Average scores					Average
		Teaching-learning contents	Teaching-learning strategy	Screen organization	Technology	Economics-morality	
Force and Motion	The dwarf canyon	2.31	3.00	2.33	3.00	2.65	2.89
	The owl king mine	1.62	2.60	2.33	3.50	2.26	2.44
	The orange mountain	1.62	2.40	2.00	3.00	2.15	2.44
Earth and Moon		2.78	1.85	2.60	2.33	3.25	2.41
State change of water		2.56	2.15	2.40	3.00	3.00	2.47
Average		2.18	2.40	2.33	2.97	2.66	



[Fig. 5] Graph of evaluation results

학습자는 게임 플레이 중 변화하는 천체들의 위치 변화를 이 각 4가지의 관점에서 관찰할 수 있다. [Fig. 4]는 '지구와 달'게임의 플레이 화면이다.

게임이 시작되면 학습자는 화면에 표시되는 미션을 순차적으로 해결하게 된다. 각 미션은 역사 속에 존재했던 태양-지구-달에 대한 천체 현상들을 사용한 주제로 구성되어 있어 실제 현실과 천체현상의 연관성을 이해하며 흥미를 유지하게 한다. 학습자는 미션에 따라 '2천년전 화산폭발이 일어난 폼페이', '에디슨이 계란을 품어 병아리를 부화시킨 날' 등과 같은 과거의 유명한 시점과 장소로 타임머신을 타고 직접 이동하여 힌트를 모으게 된다. 학습자는 자기가 직접 움직이며 모은 힌트를 바탕으로 미션을 해결하는 과정에서 자연스럽게 천체 현상을 관찰하며 이해하게 된다.

4. 실험 결과

본 논문에서는 3가지 개발된 게임에 대하여 Jung et al. (2014)[12]에서 교육용 기능성 게임의 평가를 위해 개발한 평가 도구를 기반으로 [Table 1]의 평가 영역에 대해 평가하였다. 각 테스트에는 현직에서 과학 수업을 진행하는 교사가 참여하여 교육 현장에 적용을 위한 장점과 보완점에 대해 전문적인 의견을 제공하였다. 실험 참가자들은 게임을 플레이한 후 각 항목에 대해 1점에서 4점 사이의 점수 부여 및 서술형 평가를 한다. 테스트에는 '힘과 운동'게임의 '난쟁이 협곡'에 7명, '부영이 왕의 금광'에 6명, '주황산맥'에 8명이며 '물의 상태 변화'는 4명, '지구와 달'게임에는 8명이 참여하였다. 테스트 결과의 수치는 [Table 2]와 같으며, [Fig. 5]에 막대그래프로 변환하여 표시하였다.

교수-학습내용은 그래프를 보았을 때 전체적으로 보충이 필요한 부분이며 '부영이 왕의 금광', '주황산맥'의 영역에서 특히 낮은 점수를 얻었으며 '난쟁이 협곡', '지구와 달', '물의 상태변화' 게임에서는 2점~3점 사이의 평균적인 점수를 얻었다. 서술형 평가 내역에서는 전체적으로 커리큘럼의 구성 및 학습 내용과의 부합성에서 높은 평가를 받았으나, '주황산맥'에서의 진행 안내문의 수준 및 '부영이 왕의 금광'에서의 썰매 속도의 사실적인 표현

등과 같은 게임 구성적인 면에서 보완 사항을 진달받았다.

교수-학습전략 부문에서는 ‘난쟁이 협곡’, ‘부영이 왕의 금광’, ‘주황산맥’이 상대적으로 좋은 점수를, ‘지구와 달’, ‘물의 상태변화’게임에 대해서는 상대적으로 낮은 점수가 부여되었다. 각 게임에 대해 공통적으로 흥미로운 시나리오 구성에서 높은 평가가 이루어졌으나, 단조로운 배경음악, 게임 전체의 높은 난이도, 낮은 보상 등과 같은 개선 사항을 알아볼 수 있었다.

화면 구성 부문에서는 전체적으로 2.5이하의 낮은 점수를 확인할 수 있다. 이는 현재 서비스되고 있는 일반적인 게임에 비해 높지 않은 퀄리티의 그래픽과 함께 실험참가자가 실제 느끼기에 직관적이지 않은 UI의 불편함에 의한 것으로 분석되었으며, 추후 기능성 학습 게임의 UI 구성에 대해 보충할 필요를 확인할 수 있었다.

기술 부문에서는 전체평균 2.97로써 타 부문에 비해 전체적으로 높은 평가를 확인할 수 있었다. 이는 ‘물의 상태 변화’게임의 모바일 버전의 제공과 게임의 최적화 및 가벼운 사양으로 인한 빠른 로딩 속도 등에 의한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 동시에 게임 개발과정에서 발생한 버그와 같이 수정 및 개선이 필요한 부분에 대해 의견을 받을 수 있었다.

마찬가지로 경제, 윤리 부분도 상대적으로 높은 점수를 확인할 수 있었는데, 이는 오픈 소스 라이بر러리의 사용을 통한 안전한 저작권 사용에서 높은 점수를 받았기 때문이다. 다만 게임 구성상 캐릭터의 움직임 및 복장들과 같은 부분에서 초등학교의 수준에 맞추어야 한다는 개선 사항이 있었다.

전체 조사 결과를 확인하였을 때, 교수-학습 전략, 기술, 경제윤리 부문에서 상대적으로 좋은 점수를, 교수-학습 내용 및 화면 구성 부문에서 낮은 점수를 받은 것을 확인할 수 있었다. 또한 서술형 설문문의 조사를 통해 시나리오 구성 및 학습 요소 등 커리큘럼과 관련한 부분에서 높은 점수를 받은 반면에 게임 진행 과정 구성 및 UI, 그래픽 면에서

개선사항이 필요함을 확인할 수 있었다.

학습 커리큘럼과 적용사항에 대한 높은 평가는 이후 개발될 과학 학습용 기능성 게임들이 체계적인 커리큘럼의 개발과 그에 적합한 게임 시나리오를 통해 현재 교육환경에서 제공하기 힘든 부분을 대체할 수 있다는 가능성을 보여준다. 다만, 게임 진행 구성 및 UI, 그래픽 등에 대한 낮은 평가에서 학습 게임을 위한 UI구성의 연구의 필요성 및 학습자의 흥미를 돋우는 높은 게임성을 위한 기획이 필수적임을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 초등학교, 중학교과정 기초과학 원리의 이해를 위해 기능성 게임을 개발하였다. 학생들의 학업 성취 효율을 높이기 위해 현재 교과 과정을 바탕으로 학습 커리큘럼을 작성하였으며, 사실적인 시뮬레이션 화면과 게임성 높은 구성을 통해 학습자의 학업 성취와 흥미를 높일 수 있는 게임을 개발하였다.

본 연구의 결과는 앞으로의 기능성 게임을 통한 과학 교육에 대해 발전가능성과 고려해야 할 보완 사항에 대해 보여준다. 본 연구에서는 커리큘럼의 분석과 그에 바탕한 훌륭한 시나리오는 게임을 통한 교육이 유용함을 보여주지만, 동시에 게임 자체의 높은 완성도가 필요하다는 것을 알 수 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research is supported by ETRI (2014-044-062-003, development of personalized and creative learning tutoring system based on participational interactive contents and collaborative learning technology).

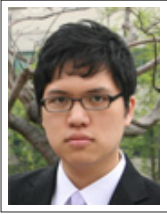
REFERENCES

- [1] Michael Zyda, "From Visual Simulation to Virtual Reality to Games", *Computer*, Vol. 38, No. 9, pp25-32, 2005.
- [2] Stefan Göbel, Sandro Hardy, Viktor Wendel, Florian Mehm, Ralf Steinmetz, "Serious games for health: personalized exergames", In Proceedings of the international conference on Multimedia, 2010.
- [3] Young-Su Kim, Na-Young Kim, Sung Hyun Cho, "A Study on the Positive Impact of a Persuasive Game and Its Potential for Social Change Literacy", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 14, No. 1, pp39-48, 2014.
- [4] KyungSik Kim, YoonJung Lee, SeongSuk Oh, "Development and Analysis of a Walking Game 'Paldokangsan3' Using Kinect", *Journal of Korea Game Society*, Vol. 14, No. 1, pp49-58, 2014
- [5] Sánchez Jaime, Olivares Ruby, "Problem solving and collaboration using mobile serious games", *Computers & Education*, Vol. 57, No. 3, pp1943-1952, 2011.
- [6] Mouaheb Houda, Fahli Ahmed, Moussetad Mohammed, Eljamali Said, "The Serious Game: What Educational Benefits?", *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol. 46, pp5502-5508, 2012.
- [7] Connolly Thomas M, Boyle Elizabeth A, MacArthur Ewan, Hainey Thomas, Boyle James M, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games", *Computers & Education*, Vol. 59, No. 2, pp661-686, 2012.
- [8] Sara De Freitas, Steve Jarvis, "Serious games—engaging training solutions: A research and development project for supporting training needs", *British Journal of Educational Technology*, Vol. 38, No. 3, pp523-525, 2007.
- [9] Amri Yusoff, Richard Crowder, Lester Gilbert, "Validation of Serious Games Attributes Using the Technology Acceptance Model", In Proceedings of the 2010 Second International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, 2010.
- [10] Maja Wrzesien, Mariano Alcañiz Raya, "Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the E-Junior project", *Computers & Education*, Vol. 55, No. 1, pp178-187, 2010.
- [11] Bernhard Thomaszewski, Andreas Gumann, Simon Pabst, Wolfgang Straßer, "Magnets in motion", *ACM Trans. Graph.*, Vol. 27, No. 5, 2008.
- [12] Hana Jung, Changhoon Lee, Youngseok Jhun, "Development and Application of an Evaluation Tool for Serious Games", *Journal of The Korean Association of Information Education*, Vol. 18, No. 3, pp401-412, 2014

부 록

[Table 3] Game curriculum of magnetic motion for 3rd~4th year student

교육과정 내용 성취기준	성취기준	세부 성취기준	학습곤란도			게임 구현 방안	게임을 통한 성취기준 작성 방안
			상	중	하		
과4091. 자석끼리는 미는 힘과 당기는 힘이 작용함을 안다. [탐구활동] 자석의 극 찾기	과4091. 자석의 극을 찾고, 자석끼리는 미는 힘과 당기는 힘이 작용함을 설명할 수 있다.	자석에 붙는 물체와 붙지 않는 물체로 분류할 수 있다.			○	직접 실험 더 효과적이므로 게임에 부적합함.	N, S극 각각이 만나서 나타내는 결과에 피드백으로 인력과 척력을 자연스럽게 이해.
		자석의 극을 찾을 수 있다.		○		자석의 인력과 척력으로 아이템 획득과 장애물이나 몬스터 회피.	
		자석의 같은 극과 다른 극 사이에서 작용하는 힘에 대해 말할 수 있다.		○		자석 징검다리, 자석 신발 등. 척력을 통해 문을 열며 단계 이동	
과4092. 자석은 일정한 방향을 가리키는 성질이 있음을 안다. [탐구활동] 자석으로 나침반 만들기	과4092. 자석으로 나침반을 만드는 활동을 통하여, 자석은 지구상에서 일정한 방향을 가리키는 성질이 있음을 설명할 수 있다.	자석이 가리키는 방향을 찾을 수 있다.	○			자석을 사용하여 방향을 알아내도록 설정. 자석은 퀴즈를 통해 획득.	NPC가 내러티브 형식으로 지구 자기장의 방향에 대해 설명 나침반 재료, 자화 방법 선택가능. 나침반 제작에 실패할 경우 추가 힌트 제공.
		자화된 못을 이용하여 나침반을 만들 수 있다.		○		자화 가능 물체, 불가능 물체를 제시하여 나침반을 만들.	
과4093. 자석의 성질을 이용하여 놀이기구를 만들 수 있다. [탐구활동] 자석의 성질을 이용한 도구나 놀이 기구 만들기	과4093. 자석의 성질을 이용하여 도구나 놀이기구를 만들 수 있다.	자석을 이용한 장난감을 고안하여 만들 수 있다.	○			자석을 이용 높은 곳에서 착지, 탐 쌍기, 철 물질 들기 등 자석의 성질 이용.	자석의 인력과 척력, 자석에 붙는 물질 등 지금까지 학습한 내용을 종합하여 게임에 활용.
과4094. 일상생활에서 자석이 사용되는 예를 찾고, 새로운 쓰임새를 고안한다.	과4094. 일상생활에서 자석이 사용되는 예를 말할 수 있고, 새로운 쓰임새를 고안하여 설명할 수 있다.	자석이 우리 생활에 이용되는 예를 찾을 수 있다.		○		자석을 이용하여 물건을 최대한 찾아내어 제시	



백 승 호 (Baek, Seungho)

2006-2010 고려대학교 컴퓨터통신공학과 학사
2010-현재 고려대학교 컴퓨터전파통신공학부
석, 박사통합과정

관심분야 : 그래픽스, 물리 기반 시뮬레이션



지 형 근 (Jee, Hyungkeun)

2001.2 성균관대학교 정보공학과 석사
2001.3-2014.2 ETRI 연구원
2014.3-현재 ETRI 지식이러닝연구실 실장

관심분야 : e-learning, HCI, 영상처리



박 지 영 (Park, Ji-Young)

2010.8 이화여대 컴퓨터공학과 박사
2010.9-2012.8 이화여대 컴퓨터공학과 박사후연구원
2012.9-2014.3 고려대 융합소프트웨어 전문대학원
연구교수

관심분야 : 정보 가시화, HCI



한 정 현 (Han, JungHyun)

1982-1988 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1989-1991 University of Cincinnati,
Department of Computer Science 석사
1991-1996 University of Southern California (USC),
Department of Computer Science 박사
1996-1997 미국 상무성 National Institute of
Standards and Technology (NIST) 연구원
1997-2004 성균관대학교 정보통신공학부,
전임강사, 조교수, 부교수
2004-현재 고려대학교 정보대학 컴퓨터학과
부교수, 교수

관심분야 : 실시간 그래픽스, 물리 기반 시뮬레이션